

## 磁気熱量材料と超伝導材料の開発

研究代表者 理工学研究部(工学) 西村 克彦

○プロジェクト成果報告

### (1)プロジェクトの背景・目的

今後、多くの産業分野で“低温”がキーワードとなることが予想される。医療機器の分野では、MRI や脳磁計など超伝導を応用した精密診断機器が益々普及するであろう。これまで低温の製造は、気体の断熱圧縮と膨張により行われてきたが、近年磁性材料を用いた磁気冷却や蓄冷材の開発が注目を集めている。更に、超伝導研究の分野では  $\text{MgB}_2$  が金属系としては非常に高い超伝導転移温度約 40K を持つ。本研究では、 $\text{MgB}_2$  超伝導線材の製造プロセスの開発と室温と 40K 付近で磁気熱量効果の大きな磁性材料の探索をおこなう。

### (2)研究成果

$\text{MgB}_2$ 超伝導線材の製造プロセスの開発に関しては、他のプロジェクト研究グループ（松田教授）と共同研究を推進している。今年度は、Mg金属中に $\text{MgB}_2$ を分散させた複合材料の作製を行い、その超伝導特性を評価した。

磁気熱量材料に関しては、室温付近で $\text{Fe}_{49}(\text{Rh}_{0.97}\text{Pd}_{0.03})_{51}$ が最も大きな磁気熱量効果を持つことを発見し、結果を学術論文として公表した。また、30K付近では、 $\text{GdCo}_2\text{B}_2$ が実用材料レベルの磁気熱量効果を示すことを発見し、その結果を公表する。ここでは、 $\text{GdCo}_2\text{B}_2$ の研究成果について具体的に述べる。

$\text{GdCo}_2\text{B}_2$ の 25K での強磁性転移と 10K における反強磁性転移に注目する。図 1 に外部磁場  $H$  を変化させたときの  $\text{GdCo}_2\text{B}_2$  の磁化の温度依存性を示す。 $H = 0.4\text{T}$  以上でこの反強磁性の磁気構造が強磁性の磁気構造へと変化することがわかる。図 2 に示した  $\text{GdCo}_2\text{B}_2$  の磁化の磁場依存性で、 $H = 0.4\text{T}$  以下で磁気ヒステリシス曲線が現れた。これより、 $\text{GdCo}_2\text{B}_2$  の 10K 付近で見られる反強磁性磁気構造は外部磁場の影響で、強磁性磁気構造へとメタ磁性転移をすることがわかる。

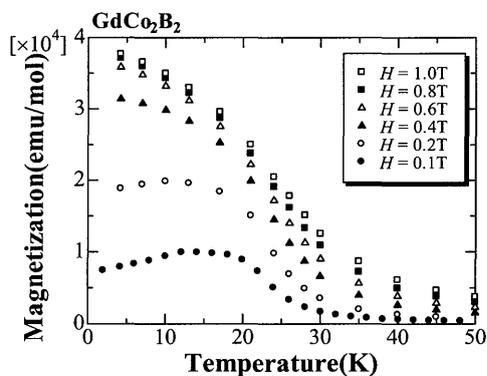


図 1 磁化の温度依存性( $\text{GdCo}_2\text{B}_2$ )

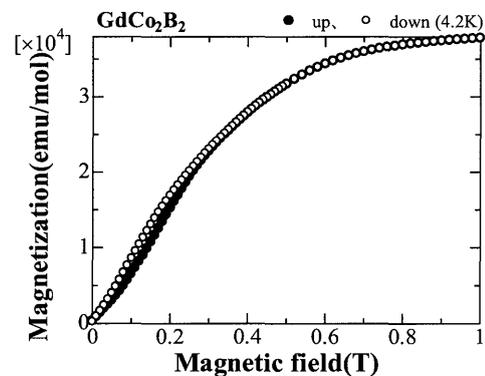


図 2 磁化の磁場依存性( $\text{GdCo}_2\text{B}_2$ )

GdCo<sub>2</sub>B<sub>2</sub>の磁気熱量効果を2つの手法で評価した。1つは、磁化とゼロ磁場の比熱の実験データから算出する手法。もう1つは、磁気を印加した比熱測定より算出する手法。それぞれの磁気エントロピー変化 $\Delta S_{\text{mag}}$ の温度依存性を図3に、断熱温度変化 $\Delta T_{\text{ad}}$ の温度依存性を図4に示す。25Kでの転移温度において、高い磁気熱量効果を示すことが分かる。しかし、二種の測定結果は一致せず、今回は全体的に $\Delta S_{\text{mag}}$ 、 $\Delta T_{\text{ad}}$ の磁化測定算出結果の値が、磁気比熱測定結果よりも大きな値となった。この原因として、磁化測定結果と比熱測定結果を用いて算出する過程において、測定プロット数の少なさ、磁化測定と比熱測定での温度の微小誤差が挙げられる。

外部磁場変化 $\Delta H=1\text{T}$ において、 $\Delta T_{\text{ad}}=2\text{K}$ 以上が磁気熱量効果の実用化レベルとされているが、この実験結果から $\Delta H=1\text{T}$ において、 $\Delta T_{\text{ad max}}=3.1\text{K}$ (磁化測定結果)、 $2.4\text{K}$ (磁気比熱測定結果)であり、条件を満たしているから、GdCo<sub>2</sub>B<sub>2</sub>は有望な磁気熱量材料であると考えられる。

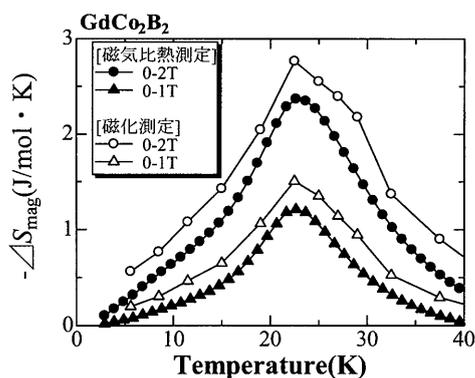


図3 磁気エントロピー変化の温度依存性

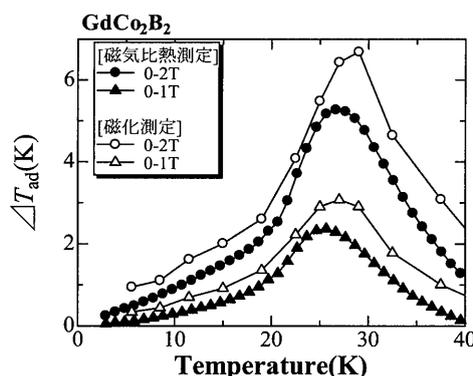


図4 断熱温度変化の温度依存性

### (3)プロジェクト成果

これらの研究は、ミネベア株式会社との共同研究により推進されている。今後はGdCo<sub>2</sub>B<sub>2</sub>の元素組成範囲を拡充してより高い磁気熱量効果を見だし、特許申請を目指す。MgB<sub>2</sub>超伝導線材の製造プロセスに関しては、新たなプロセス構想しており、研究を推進するための研究助成金を申請している。

### (4)プロジェクト成果の応用・効果・構想

GdCo<sub>2</sub>B<sub>2</sub>磁気冷凍は、液化水素燃料の製造などに多いに活用されることが期待できる。

### (5)利用施設

極限環境先進材料評価システムにより、超伝導複合材料や磁気熱材料の特性評価を行っている。作業は、週平均3日、年間90日程度である。